

(51) Int.Cl. ⁶ G 0 1 C 3/06 G 0 1 B 11/00	識別記号 V	府内整理番号 H	F I	技術表示箇所
--	-----------	-------------	-----	--------

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全8頁)

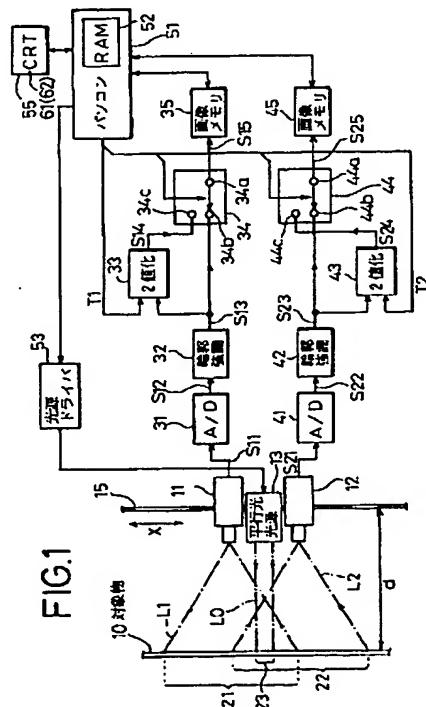
(21)出願番号 特願平6-184877	(71)出願人 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22)出願日 平成6年(1994)8月5日	(72)発明者 川越 晃 埼玉県狭山市新狭山1-10-1 ホンダエンジニアリング株式会社内
	(72)発明者 野條 聰 埼玉県狭山市新狭山1-10-1 ホンダエンジニアリング株式会社内
	(72)発明者 河合 泰宏 埼玉県狭山市新狭山1-10-1 ホンダエンジニアリング株式会社内
	(74)代理人 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

(54)【発明の名称】 距離測定装置および方法

(57)【要約】

【目的】撮像対象物の対応点の明度差、言い換えれば、画像上の明暗境界線を確実に得ることを可能とし、この画像上の明暗境界線を利用してビデオカメラから撮像対象物までの距離を両眼立体視法により測る。

【構成】平行光 L_0 の明るさを調整して明部（平行光照射領域 2_3 ）と暗部（撮像領域 2_1 、 2_2 からそれぞれ平行光照射領域 2_3 を除いた領域）との明るさの差が一定以上の差になるようにしてから閾値 T_1 、 T_2 を決め、その後に2値化しているので、外乱光があっても、撮像対象物 1_0 上の明度差を大きくでき、2値ビデオ信号 S_{14} 、 S_{24} に基づく画像上の明暗境界線を確実に得ることができる。この画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいてビデオカメラ 1_1 、 1_2 から撮像対象物 1_0 までの距離 d を、両眼立体視法を用いて算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも2つの撮像手段により対象物を撮像して画像を得、得られた画像に基づいて前記撮像手段から前記対象物までの距離を測定する距離測定装置において、

平行光照射手段を有し、

この平行光照射手段からの平行光を前記対象物に照射し、

この平行光が照射された部分と照射されない部分とを含んで前記対象物を前記少なくとも2つの撮像手段により撮像した後、得られた画像信号に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて前記対象物までの距離を算出することを特徴とする距離測定装置。

【請求項2】前記得られた画像信号に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて前記対象物までの距離を算出する際、得られた画像信号に輪郭強調処理を施した輪郭強調後の画像信号を得、この輪郭強調後の画像信号に基づく前記少なくとも2つの撮像手段により得られた画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて前記対象物までの距離を算出することを特徴とする請求項1記載の距離測定装置。

【請求項3】少なくとも2つの撮像手段により対象物を撮像して画像を得、得られた画像に基づいて前記撮像手段から前記対象物までの距離を測定する距離測定方法において、

前記少なくとも2つの撮像手段のうちの1つの撮像手段で得られる画像信号のレベルの平均値を求める過程と、平行光照射手段からの平行光を前記対象物の一部に照射して対象物上に明部を形成する過程と、

前記少なくとも2つの撮像手段により前記明部が形成された対象物を撮像し、各撮像手段で得られた各画像信号の前記明部のレベルの平均値およびそれ以外の部分の暗部のレベルの平均値を求める過程と、

前記明部と暗部のレベルの平均値の中央値を各撮像手段に対応する閾値とする過程と、

得られた各閾値とこれに対応する各撮像手段で得られた画像信号とを比較して画像信号を明部と暗部に対応する2値画像信号に変換する比較過程と、

各撮像手段に係る前記2値画像信号による画像から、各

$$d = F(X_1, C_L, C_R, x_1,$$

測定誤差を少なくするために、ビデオカメラを3台以上にして距離dを測定すること、いわゆる多眼視によることが好ましいとされている。なお、関数Fの詳細は、文献「画像解析ハンドブック」(東京大学出版会、高木幹雄・下田陽久監修、1992年1月15日第3刷、2.3.3 3次元計測 594頁～605頁)に記載されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、実際上、画面6、7上で対象物Pの画像PR、PLを特定するため

撮像手段相互の明暗境界線の座標ずれに基づいて前記対象物までの距離を算出する過程とを有することを特徴とする距離測定方法。

【請求項4】前記画像信号を明部と暗部に対応する2値画像信号に変換する比較過程における前記画像信号は、輪郭強調処理後の画像信号であることを特徴とする請求項3記載の距離測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば、産業用ロボットの視覚センサに適用して好適な距離測定装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、産業用ロボットには、その視覚センサとして2台のビデオカメラが取り付けられ、この2台のビデオカメラにより対象物を撮像し、その対象物に係る2つの画像信号に基づいて、いわゆる両眼立体視法により、ビデオカメラ位置(視覚センサ位置)から対象物までの距離を非接触で測定することが行われている。

【0003】図4は、この両眼立体視法の説明に供される線図である。

【0004】図4において、2台のビデオカメラ1、2(便宜上、ドットで表している。)が、それぞれ、X軸上の原点Oおよび点X1に配されている。ここでは、これらの原点Oおよび原点X1が投影中心であるものとする。ビデオカメラ1、2の光軸4、5はY軸と平行にされている。

【0005】この2台のビデオカメラ1、2により対象物Pを撮像したときの画面6、7上の対象物Pに対応する画像PR、PLのx y座標(画面6、7上の座標)上の点を、それぞれ、点PR = (x_r, y_r)、点PL = (x_l, y_l)とする。また、画面6、7上のそれぞれのx y座標上の原点とビデオカメラ1、2の位置(投影中心)とを結ぶ直線の長さをCL、CRとする。

【0006】この場合、対象物PのY座標、すなわち、ビデオカメラ1、2の位置からの距離dは、周知のように、(1)式で示される関数Fで与えられる。

【0007】

$$x_r) \dots (1)$$

には、画像PR、PLとその背景との間に明暗(明度差)があることが必須である。

【0009】従来、この明暗を得るために、対象物Pにスポット光をあてる、またはスリット光をあてる技術が知られている(スリット光をあてる技術としては、例えば、特開平3-131706号公報参照)。

【0010】しかしながら、スポット光またはスリット光は、画面6、7上では、点または線分としてしか表示されず、対象物P上の傷やエッジと誤認する可能性が高く、実用上、明暗を分離しにくいという問題があった。

その上、それらスポット光およびスリット光は、室内照明光や屋外光の影響を受け易く、実際には、それら外乱光を分離するための電気的なフィルタ処理に相当の時間がかかるという問題があり、また、そのフィルタ処理によっても外乱光を確実に分離することができない場合があるという問題もあった。

【0011】この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、撮像対象物の対応点の明度差、言い換えば、画像上の明暗境界線を確実に得ることを可能とする距離測定装置および方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この装置発明は、例えば、図1に示すように、少なくとも2つの撮像手段11、12により対象物10を撮像して画像を得、得られた画像に基づいて撮像手段11、12から対象物10までの距離dを測定する距離測定装置において、平行光照射手段13を有し、この平行光照射手段13からの平行光L0を対象物10に照射し、この平行光L0が照射された部分23と照射されない部分とを含んで対象物10を少なくとも2つの撮像手段11、12により撮像した後、得られた画像信号S11、S21に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物10までの距離dを算出することを特徴とする。

【0013】この場合、画像信号S11、S21に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物10までの距離dを算出する際、画像信号S11、S21に輪郭強調処理32、42を施した輪郭強調後の画像信号S13、S23を得、この輪郭強調後の画像信号S13、S23に基づく少なくとも2つの撮像手段11、12により得られた画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物10までの距離dを算出することを特徴とする。

【0014】また、この方法発明は、少なくとも2つの撮像手段11、12により対象物10を撮像して画像を得、得られた画像に基づいて撮像手段11、12から対象物10までの距離dを測定する距離測定方法において、少なくとも2つの撮像手段11、12のうちの1つの撮像手段11で得られる画像信号S11のレベルの平均値を求める過程と、平行光照射手段13からの平行光L0を対象物10の一部に照射して対象物10上に明部23を形成する過程と、少なくとも2つの撮像手段11、12により明部23が形成された対象物10を撮像し、各撮像手段11、12で得られた各画像信号S11、S21の明部のレベルの平均値およびそれ以外の部分の暗部のレベルの平均値を求める過程と、前記明部と暗部のレベルの平均値の中央値を各撮像手段11、12に対応する閾値T1、T2とする過程と、得られた各閾値T1、T2とこれに対応する各撮像手段11、12で得られた画像信号S13、S23とを比較して画像信号

S13、S23を明部と暗部に対応する2値画像信号S14、S24に変換する比較過程と、各撮像手段11、12に係る2値画像信号S14、S24による画像から、各撮像手段11、12相互の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物10までの距離dを算出する過程とを有することを特徴とする。

【0015】この場合において、画像信号S13、S23を明部と暗部に対応する2値画像信号S14、S24に変換する比較過程における画像信号は、輪郭強調処理後の画像信号S13、S23であることを特徴とする。

【0016】

【作用】この発明によれば、平行光照射手段からの平行光が照射された部分と照射されない部分とを含んで対象物を少なくとも2つの撮像手段により撮像した後、得られた画像信号に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物までの距離を算出するようしている。このため、外乱光があっても、撮像対象物上の明度差を大きくでき、画像信号に基づく画像上の明暗境界線を確実に得ることができる。

【0017】この場合、輪郭強調後の画像信号を利用するようすれば、一層確実に、画像信号に基づく画像上の明暗境界線を得ることができる。

【0018】

【実施例】以下、この発明の一実施例について図面を参照して説明する。なお、以下に参照する図面において、上述の図4に示したものと対応するものには同一の符号を付けてその詳細な説明は省略する。

【0019】図1は、この一実施例の構成を示している。

【0020】参照符号10は撮像対象物であり、この撮像対象物10に面して、相対位置関係が固定されたビデオカメラ（撮像手段）11、12と平行光光源（平行光照射手段）13とが配されている。ビデオカメラは3台以上でもよい。

【0021】ビデオカメラ11、12と平行光光源13とは、撮像対象物10が形成する面と平行に配されたレール15上を矢印X方向（X軸方向）に一体的に移動可能に構成されている。

【0022】ビデオカメラ11、12は、基本的には、結像レンズとCCDエリアセンサ等とエンコーダとを有し、アナログ信号であるビデオ信号（画像信号）S11、S21を出力するよう構成されている。

【0023】平行光光源13は、光源としてのランプと放物面鏡、フレネルレンズまたはコリメータレンズを組み合わせた周知の光源を用いることができる。

【0024】平行光光源13から出射された平行光L0が、撮像対象物10上の一定領域（一定面積であり、平行光照射領域ともいう。）23を照射するようにされている。なお、平行光照射領域23は、円形、長方形等任意の形状で良い。

【0025】前記CCDエリアセンサ上の画像形成可能領域に対応する撮像対象物10上の領域、すなわち、撮像領域21、22の画像情報を有する光L1、L2がビデオカメラ11、12に取り込まれ、その撮像領域21、22の画像情報を有するビデオ信号S11、S21として出力される。

【0026】なお、撮像領域21、22には、平行光照射領域23の全部または一部と平行光照射領域23以外の部分が含まれるように、ビデオカメラ11、12、平行光光源13および撮像対象物10の位置を予め設定しておく。

【0027】ビデオカメラ11、12から出力されたビデオ信号S11、S21は、A/D変換器31、41によりデジタル信号のビデオ信号S12、S22に変換された後、輪郭強調回路32、42で水平方向および垂直方向の輪郭強調処理が施された後、輪郭強調後のビデオ信号S13、S23が2値化回路(比較手段)33、43の比較入力端子に供給されるとともに、マルチプレクサ34、44のそれぞれ一方の固定接点34b、44bに供給される。

【0028】2値化回路33、43の基準入力端子には、パーソナルコンピュータ(制御手段、以下、必要に応じてパソコンという。)51から、それぞれ、閾値T1、T2が供給されている。2値化回路33、43の出力信号である2値ビデオ信号S14、S24は、マルチプレクサ34、44のそれぞれ他方の固定接点34c、44cに供給される。

【0029】マルチプレクサ34、44の共通接点34a、44aを通じて、画像メモリ35、45にそれぞれビデオ信号S15、S25が記憶される。ビデオ信号S15、S25の内容は、(連続)ビデオ信号S13、S23または2値ビデオ信号S14、S24である。

【0030】画像メモリ35、45に記憶されているビデオ信号S15、S25に対してパソコン51により後述する所定の処理が行われる。パソコン51は、CPU、システムプログラムが記憶されるROM(読み出し専用メモリ)、ワーク用のRAM(ランダムアクセスメモリ)52、外部CRT55等を有し、上記所定の処理結果のデータがRAM52に記憶されるようになっている。

【0031】パソコン51は、基本的には、上記所定の処理結果に基づいて2値化回路33、43の基準入力端子に閾値T1、T2を設定するとともに、システムプログラムに記載されている処理シーケンスに基づいてマルチプレクサ34、44の可動接点を切り替える。さらに、パソコン51は、上記システムプログラムおよび上記処理結果等に基づいて光源ドライバ53を制御する。光源ドライバ53の出力信号により平行光光源13が駆動され、これを構成するランプ等の発光強度が変えられることで、撮像対象物10上の平行光照射領域23の照

度が変更される。なお、繁雑さを避けるために図示はしていないが、ビデオカメラ11、12、A/D変換器31、41、輪郭強調回路32、42は、パソコン51によって制御できるようになっている。

【0032】次に、上記実施例の動作について説明する。

【0033】図2は、その動作説明に供されるフローチャートである。

【0034】まず、平行光光源13から平行光L0を撮像対象物10に照射しない状態、すなわち、平行光光源13のオフ状態で任意のビデオカメラ、例えば、ビデオカメラ11で撮像対象物10を撮像し、この撮像結果のビデオ信号S15(S11)を画像メモリ35に取り込む(ステップS1)。この場合、マルチプレクサ34の共通接点34aと固定接点34bとを接続し、輪郭強調回路32の出力ビデオ信号S13がビデオ信号S15として画像メモリ35に供給されるようにしておく。

【0035】次に、画像メモリ35に記憶されているビデオ信号S15に係る画面を構成する全画素の信号レベルの平均をとることで、撮像対象物10のビデオカメラ11に係る全画面の平均照度I1(この場合、暗部の平均照度)を算出してRAM52に記憶する(ステップS2)。

【0036】次いで、平行光光源13をオン状態にし、撮像対象物10に対して平行光L0を照射し、その場合のビデオ信号S15を再び画像メモリ35に取り込む(ステップS3)。

【0037】このとき、画像メモリ35に記憶されているビデオ信号S15に係る画面を構成する画素のうち、ハイレベルの信号の信号レベルの平均をとることで、平行光照射領域23の明部に対応する部分の平均照度I0を算出する(ステップS4)。なお、ビデオ信号S15の信号レベル等、ビデオ信号の信号レベルは、撮像領域21、22、平行光照射領域23の照度と一定な比例関係にあるので、以下、信号レベルを照度ともいう。同様に、外部CRT55上に表示される画面61(62)上の明るさも照度ともいう。

【0038】図3Aは、画像メモリ35に記憶されているビデオ信号S15に係る画面61上の1つの走査線に係るX軸方向の照度分布を表している。照度I1は、ステップS2で算出した暗部の平均照度であり、照度I0は、ステップS4で算出した明部の平均照度を示している。

【0039】そこで、この場合、明部と暗部の平均照度差 ΔI ($\Delta I = I_0 - I_1$)が一定レベル差以上になるように平行光光源13から照射される平行光L0の光量を光源ドライバ53を通じて調整する(ステップS5)。これは、以下に説明するように、2値化する際のレベル差を確保するためである。

【0040】平行光光源13の光量の調整終了後に、ビ

デオカメラ 1 1、1 2 でそれぞれ撮像領域 2 1、2 2 を撮像し、ビデオ信号 S 1 5、S 2 5 を画像メモリ 3 5、4 5 に取り込み、各ビデオ信号 S 1 5、S 2 5 についてそれぞれ明部と暗部にかかる平均照度を算出する（ステップ S 6）。

【0041】図 3 B に示すように、ビデオ信号 S 1 5 から算出した明部の平均照度が I 0、暗部の平均照度が I 1 であり、ビデオ信号 S 2 5 から算出した明部の平均照度が I 0 2、暗部の平均照度が I 2 であるものとする。明部の平均照度 I 0 と平均照度 I 0 2 の値（暗部の平均照度 I 1 と平均照度 I 2 の値）が異なるのは、ビデオカメラ 1 1、1 2 の間でオフセットの差およびゲインの差が存在するからである。

【0042】そこで、各ビデオ信号 S 1 3、S 2 3 を 2 値化する際の 2 値化回路 3 3、4 3 に設定するための閾値 T 1、T 2 としては、それぞれ、それらの中央値をとる。

【0043】すなわち、2 値化回路 3 3 に設定する閾値 T 1 は $T 1 = (I 0 - I 1) / 2$ とし、2 値化回路 4 3 に設定する閾値 T 2 は、 $T 2 = (I 0 2 - I 2) / 2$ とする（ステップ S 7）。

【0044】次に、マルチプレクサ 3 4、4 4 を切り替えて、共通接点 3 4 a と固定接点 3 4 c、共通接点 4 4 a と固定接点 4 4 c とを接続する。

【0045】この状態において、輪郭強調後のビデオ信号 S 1 3、S 2 3 をそれぞれ 2 値化回路 3 3、4 3 で「1」または「0」の値に 2 値化し、2 値ビデオ信号 S 1 4（S 1 5）、S 2 4（S 2 5）を画像メモリ 3 5、4 5 に記憶する（ステップ S 8）。

【0046】この場合、画像メモリ 3 5、4 5 はビットマップメモリの機能を有することになる。

【0047】図 3 C は、その記憶内容に対応する外部 CRT 5 5 の画面 6 1、6 2 上の画像 6 3、6 4 を表している。画面 6 1 上の画像 6 3 は、平行光照射領域 2 3 に対応する明部 6 3 a と、撮像領域 2 1 から平行光照射領域 2 3 を除いたハッティングを施した暗部 6 3 b とからなる 2 値画像（白色領域と黒色領域とからなるモノクロ明暗画像）になる。また、画面 6 2 上の画像 6 4 は、平行光照射領域 2 3 に対応する明部 6 4 a と撮像領域 2 2 から平行光照射領域 2 3 を除いたハッティングを施した暗部 6 4 b とからなる 2 値画像になる。これらの画像 6 3、6 4 は、2 値画像であるので、明暗境界線 6 6、6 7 が確実に得られる。

【0048】図 3 D は、画像 6 3 と画像 6 4 を同一画面 6 5 上に描いた合成的画面を示している。この画面 6 5 上の対応する位置の画像 P R、P L の x y 座標（これは、ビットマップメモリとしての画像メモリ 3 5、4 5 のアドレス位置として換算することができる。）に基づいて、上述の両眼立体視法による（1）式に示した閾値 F を用いて、ビデオカメラ 1 1、1 2 の位置から撮像対象物 1 0 までの距離 d を求める（ステップ S 9）。

【0049】なお、上述の実施例においては、ビデオカメラを 2 台用いて距離 d を求める技術を説明しているが、3 台以上の場合には、ステップ S 6 以降において、例えば、ビデオカメラ 1 1 以外の残りのビデオカメラ全てについての処理を行えば良い。

【0050】このように上述の実施例によれば、平行光源 1 3 からの平行光 L 0 が照射された平行光照射領域 2 3 と照射されない部分とを含んで撮像対象物 1 0 を少なくとも 2 つのビデオカメラ 1 1、1 2 により撮像した後、得られたビデオ信号 S 1 5、S 2 5 に基づく画像 6 3、6 4 上の明暗境界線 6 6、6 7 の座標ずれ X 1 に基づいてビデオカメラ 1 1、1 2 から撮像対象物 1 0 までの距離 d を、両眼立体視法を用いて算出するようにしている。この場合、平行光 L 0 の明るさを調整して明部（平行光照射領域 2 3）と暗部（撮像領域 2 1、2 2 からそれぞれ平行光照射領域 2 3 を除いた領域）との明るさの差が一定以上の差になるようにしてから閾値 T 1、T 2 を決め、その後に 2 値化しているので、外乱光があっても、撮像対象物 1 0 上の明度差を大きくでき、2 値ビデオ信号 S 1 4、S 2 4 に基づく画像 6 3、6 4 上の明暗境界線 6 6、6 7 を確実に得ることができる。

【0051】また、輪郭強調後のビデオ信号 S 1 3、S 2 3 を利用しているので、一層確実に、ビデオ信号 S 1 3、S 2 3 に基づく画像 6 3、6 4 上の明暗境界線 6 6、6 7 を得ることができる。

【0052】さらに、閾値 T 1、T 2 を決める際に、それぞれのビデオカメラ 1 1、1 2 で相互に独立に閾値 T 1、T 2 を中央値に決定しているので、ビデオカメラ 1 1、1 2 間のオフセット、感度等の校正は、それほど正確に行う必要がない。すなわち、ビデオカメラ 1 1、1 2 の感度、オフセット等の精度はラフでもよい。

【0053】なお、この発明は上述の実施例に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、平行光照射手段からの平行光が照射された部分と照射されない部分とを含んで対象物を少なくとも 2 つの撮像手段により撮像した後、得られた画像信号に基づく画像上の明暗境界線の座標ずれに基づいて対象物までの距離を両眼立体視法に基づいて算出するようにしている。このため、外乱光があっても、撮像対象物上の明度差を大きくでき、画像信号に基づく画像上の明暗境界線を確実に得ることができる。

【0055】画像信号として、輪郭強調後の画像信号を利用するようにすれば、一層確実に、画像信号に基づく画像上の明暗境界線を得ることができる。

【0056】さらに、従来の技術の項で示したような電気的なフィルタ処理を必要としないので、対象物までの

距離を得るまでの処理時間が短くなるという効果も達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】図1例の動作説明に供されるフローチャートである。

【図3】図1例の動作説明に供される線図であって、Aは、ビデオカメラの移動方向と平行する方向の撮像対象物上での照度分布の例を示す線図、Bは、異なるビデオカメラに係る照度分布の例を示す線図、Cは、異なるビデオカメラそれぞれのビデオ信号に係る画像を示す線

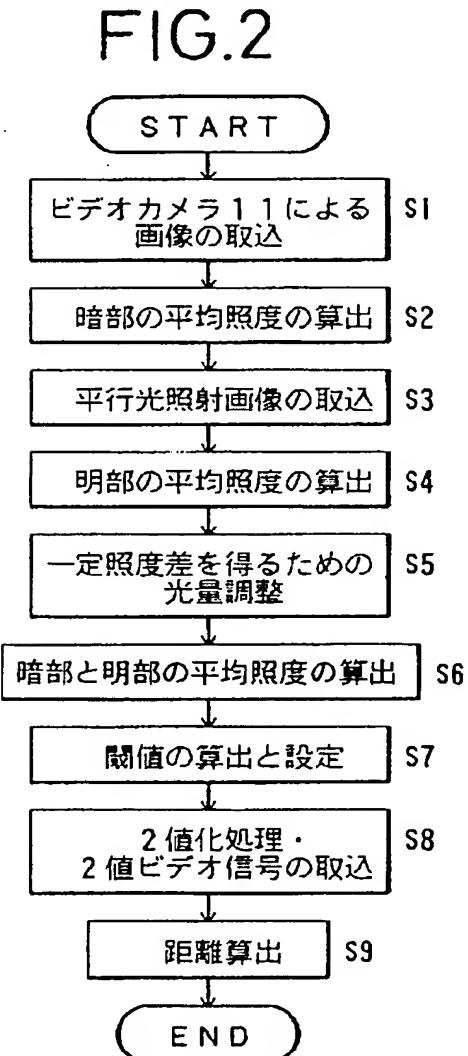
図、Dは、それら異なるビデオカメラそれぞれのビデオ信号に係る画像を合成的に表した線図である。

【図4】両眼立体視法の説明に供される線図である。

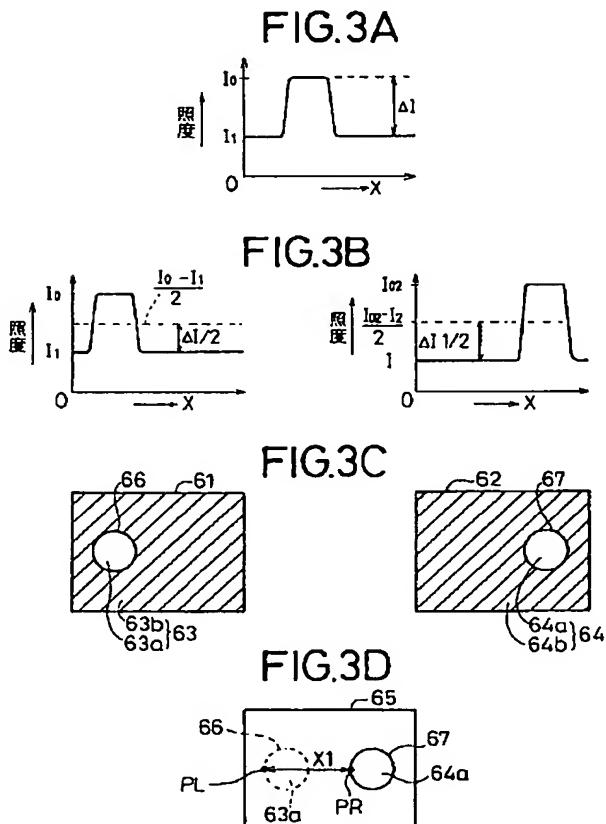
【符号の説明】

1 0 … 撮像対象物	1 1 、 1 2 … ビデオカメラ
1 3 … 平行光光源	1 5 … レール
2 1 、 2 2 … 撮像領域	2 3 … 平行光照射領域
3 3 、 4 3 … 2 値化回路	d … 距離
L 0 … 平行光	L 1 、 L 2 … 画像情報を有する光

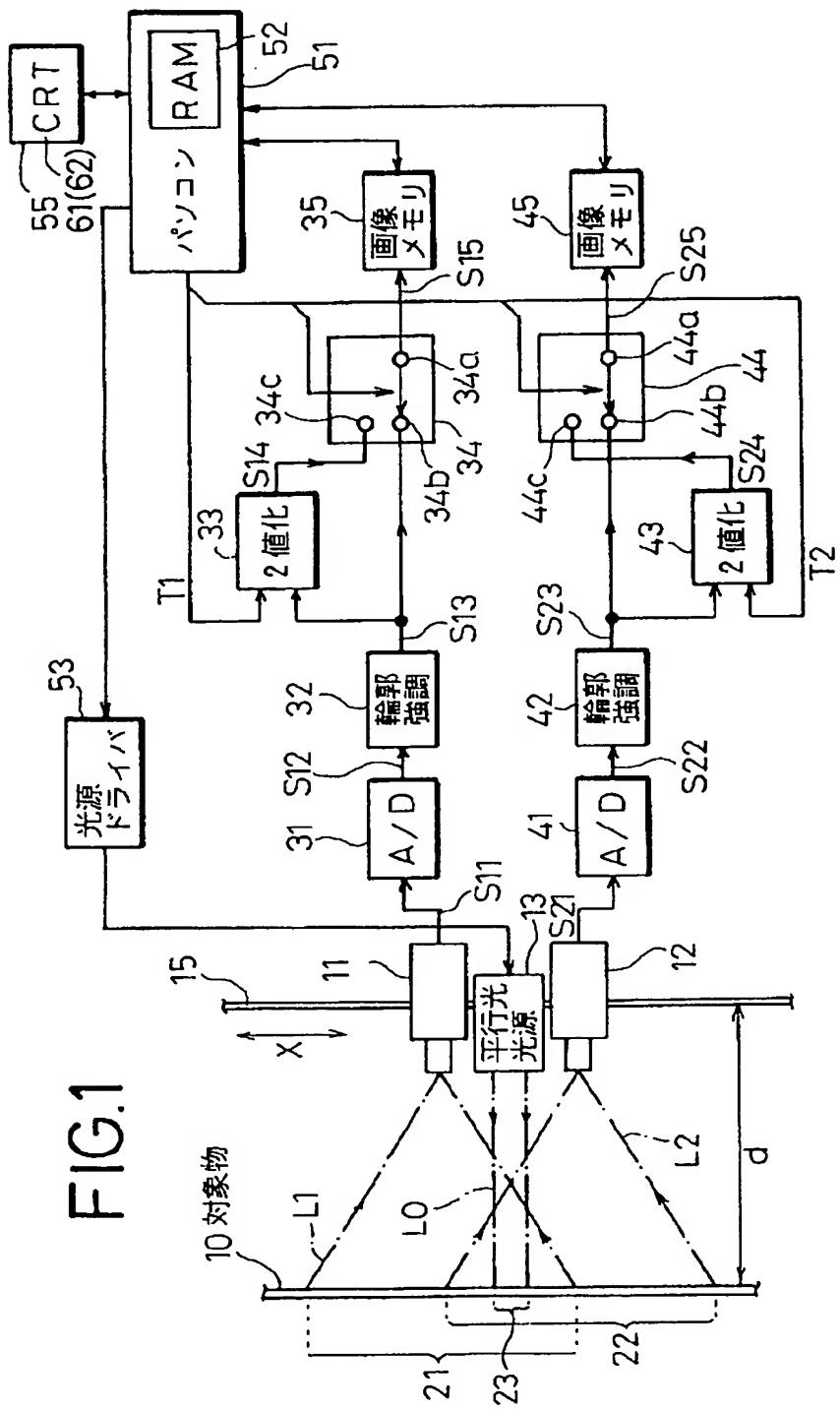
【図2】



【図3】



【図 1】



【図 4】

FIG.4

